

电力系统动态模拟论文集

科学出版社

1083

8

电力系统动态模拟论文集

清华大学电力系统动态模拟实验室

高景德 主编

科学出版社

內 容 簡 介

本論文集共收集了清华大学在建立电力系统动态模拟实验室过程中所写的十篇論文。第一篇敘述了模拟原理和建立动态模拟实验室的一些原則問題。第二篇討論設計模拟发电机的一些特殊問題和規律。第三篇对模拟电机磁路計算进行了分析并提出更准确的計算方法。第四篇敘述制造模拟进相机的工艺特点。第五篇討論模拟变压器的設計制造問題。第六、七两篇介紹帶鉄心电抗元件作为輸电綫模拟的一些問題,并对双迴路故障段模拟的漏电抗計算提出計算方法。第八篇敘述原动机模拟的原則和特性。第九篇介紹强有力式調节器中各环节的設計和試驗方法。第十篇介紹利用动态模拟来研究电力系统輸电容量的原則和結果。

电力系统动态模拟实验室的主要设备的設計、制造及应用等問題,在本論文集中都有所論述,对有关科学研究、設計制造及运行人員均有参考价值。

电力系统动态模拟論文集

清华大学电力系统动态模拟实验室

科学出版社出版 (北京朝阳門大街 117 号)

北京市书刊出版业营业許可証出字第 061 号

中国科学院印刷厂印刷 新华书店总經售

1960 年 7 月 第 一 版

1960 年 7 月 第一次印刷

(京) 0001-14,000

书号: 2229 字数: 122,000

开本: 787×1092 1/16

印张: 7 2/3

定价: 0.78 元

前 言

自 1956 年我校开始筹划建立电力系统动态模拟实验室以来，特别是自 1958 年贯彻执行党的“教育为无产阶级政治服务，教育与生产劳动相结合”的方针以来，由于在这一工作中我们根据党的指示坚持了政治挂帅，群众路线和教学、科学研究及生产工作三结合的原则，到目前为止，不但实验室的第一期建设任务基本完成，已经投入了运行，并进行了一些科学研究工作。这个实验室的房子是 1958 年 8 月才建成交付使用的，其中的设备也是在这一时期开始大量制造的。这个实验室所以能够这样迅速地建立起来，完全是由于党的正确领导及群众的冲天干劲。这个实验室的全部设备都是学习苏联先进经验，自己动手设计、试制、安装、调整好的，不仅投资较低，建成迅速，而且通过工作也有效地培养了学生和教师职工队伍，树立了良好的工作方法和作风。

为了及时总结我们的工作，我们特编写了这样一本论文集。另外，本书还有供给后来参加工作的同志尽快熟悉情况和与兄弟单位交流经验并得到指正的目的。

为了更好地贯彻执行党的教育方针和加快这个实验室的建设速度以及充分调动各方面的智慧和力量，在建设这个实验室的过程中，先后吸收参加工作的教师、学生及职工达数百人。因此，这本论文集也是许多工作同志的劳动成果。本校发电厂电力网及电力系统专业和电机制造专业 1959 年毕业班的许多同学曾经结合真刀真枪的毕业设计工作，在这个实验室里进行了很多工作，并且做出不少贡献。这本论文集的不少内容就是综合他们工作的结果而成。在此，我们也予以说明，并向他们表示谢意。

这个实验室的迅速建成，也是与苏联对我们的无私帮助分不开的。莫斯科动力学院(МЭИ)和列宁格勒电工研究所(ИЭМ)赠给了我们不少宝贵的资料，对我们的工作起了很大的指导作用。在此我们特向他们表示深切的感谢。

在建立这个实验室的过程中，我们还得到了许多单位的支持及帮助，特别是水利电力部和第一机械工业部。上海电机厂、哈尔滨电机厂和北京市电车公司修配厂等更为我们制造了一些模拟电机，我们也想借此机会，再一次向他们表示谢意。在编写本论文集时，我校有关教师和同学都提出过不少宝贵意见，我们在此向他们表示谢意。

由于我們水平不高,經驗不够,再加上時間的仓促,这本論文集中一定还存在着許多不足和錯誤之处,希讀者予以指正。

清華大学电力系统动态模拟实验室 1960. 2. 1.

目 录

前言.....	i
建立电力系统动态模拟实验室的几个问题.....	1
模拟电机的设计.....	12
模拟水轮发电机的磁路计算.....	24
试制模拟进相机的几个问题.....	33
模拟变压器.....	47
电力系统输电线路模拟.....	55
输电线路双回路故障段的模拟.....	63
电力系统原动机模拟.....	69
强力式励磁调节器的试制及调整.....	84
利用电力系统动态模拟研究电力系统的输送容量.....	94

建立电力系统动态模拟实验室的几个问题

执笔人 茅於杭

我国电力工业正在高速度向前发展,装机容量达数十万乃至数百万瓩的电站,输电电压为 22 万伏或 33 万伏的远距离输电系统正在不断涌现,更大容量的电站和更高电压的网络也已在设计或规划中。这些宏大的建设任务要求我们迅速开展有关理论和实验研究工作,以解决从生产实际中提出的许多复杂的研究任务。

1958 年我校在党的总路线的照耀和全国大跃进的形势鼓舞下;在党的教育方针的指导下,以学习苏联先进经验,自力更生的精神,迅速建立起了电力系统的研究基地。其中 200 周 12 个发电机元件的交流计算台于 1958 年 9 月完成试制工作,1959 年初调整完毕,投入运行,并为华北、江南等电力系统的运行和设计进行了研究工作,解决了一些生产问题。我校 1956 年开始筹建的动态模拟实验室则是由 1958 年 8 月开始动工兴建的,经不断充实完善,至今已有五套模拟机组投入运行,并开始为江南电力系统的规划设计进行研究工作。

动态模拟实验研究工具在我国得到了很大的重视。许多单位已着手或正在规划建设这种实验室,本文将对这一研究工具的一般特点及我校动态模拟实验室的情况作一简单叙述。



动态模拟实验室全景(照片)

一、电力系统的物理模拟和数学模拟

电力系统的物理模拟即通称的动态模拟,也就是将电力系统中各元件(发电机、

变压器、输电线路、负载等)按照参数特性相似的原则做成小的模型,并在实验室里试验研究电力系统有关问题的研究工具。由于模型所具有的特性和原型一致,所以在模型中所发生的电流、电压、功率、转速等物理量的相对值的变化过程可以和被模拟的原型系统中所发生的过程一样。由于实际电力系统中各元件具有很复杂的特性,如饱和、磁滞、涡流等效应,在理论分析时,往往只能忽略或近似的加以估计,而在动态模拟中它们对过渡过程所起的作用则可以比较完整的反映出来。在物理模拟上还可以将实际电力系统应用的继电保护装置、自动调节装置等控制设备直接接入,以观察这些设备在电力系统不同运行情况下的工作性能。所以物理模拟还可以补充数学分析的不足,帮助我们深入了解一些物理现象,或观察到过去未被注意的物理现象。

对于正在规划或设计的电力系统,有了动态模拟后就可事先在实验室里将它们将来的运行情况模拟出来,加以研究。例如水电站发电机参数的选择,励磁系统及励磁调节器的选择,各种提高输电线路传输能力的研究,提高静态与动态稳定的措施,中间系统的作用的研究,各种补偿措施对输电系统的影响,决定合理的运行方式等,利用动态模拟实验研究工具是极为方便有效的。

对于已有的电力系统当采用一些新的技术措施时,要在实际系统上进行实验是有很大的限制的,但在动态模拟实验室里就可很方便地进行这些实验。

在电力系统实际运行工作中,判別事故和正确处理事故是运行人员的重要任务。因此,动态模拟实验室也是培养和训练运行人员的良好场所,因为在这里可以很方便地表演事故和作事故演习。同样,动态模拟实验室也可供学生作教学实习和表演之用。

由于我国电力工业的迅速发展,动态模拟的研究工作已在我国得到了广泛的重视,目前已有十余个高等学校和科学研究机关正在建立或正在准备建立动态模拟实验室,并开展这方面的研究工作。

在国外,首先在苏联,早在1937年就已经开始了动态模拟的研究工作。在电力系统物理模拟理论及其应用方面,苏联学者和科学工作者作出了许多贡献。由于有了动态模拟这样先进的研究工具,他们还在解决古比雪夫至莫斯科等远距离输电系统的问题上作出了卓越的成就。

研究电力系统的另一途径是利用数学计算工具或数学模拟装置。数学模拟计算方法是根据不同物理量而具有相同微分方程式的系统具有相似过程的原理对研究对象进行分析研究。交流计算台和直流计算台即可认为是一种静止的模拟计算工具,由于这些工具不能反映动态过程,所以在解微分方程式时必须把时间划分成许多小的间隔进行逐点计算。模拟电子计算机则可将表征发电机或其他元件的微分方程式

进行模拟,故可获得研究过程对時間連續的結果。再如近年来广泛重視并已迅速发展数字电子计算机也已开始用来研究解决电力系統的問題。

利用数学模拟来研究解决电力系統的問題有許多优点。例如利用交流計算台来計算复杂电力系統的功率分布,电压水平、静态和动态稳定等問題是十分方便灵活的。模拟式电子计算机則对于确定电力系統自动調节系統的穩定性和調节过程,非同期运行等問題的研究具有特別的优越性。若将模拟电子计算机配合交流台使用时研究問題的范围就将大为扩大。

但利用数学模拟工具研究問題时,須将研究对象作适当簡化,以便列出便于計算的数学方程式。这种簡化会給研究結果带来一定的誤差。此外,数学模拟还有难于全面反映研究对象的所有的物理量的困难。

因此,从研究电力系統各种問題的角度来看,数学模拟和物理模拟是各有优缺点的。因而是不能以一种代替另一种的。在研究某些具体問題时,常常需要两者配合使用,互相取长补短才能得到最好的研究結果。

二、动态模拟实验室的规划設計

建立动态模拟实验室时首先要确定实验室的基本規模。这主要决定于模拟电机的数目及其基本容量和电压,其次是实验室各设备的布置和控制方式等。

决定实验室的机組数目时,应考虑到实验室研究任务的要求和实际建立时的合理性及可能性。在动态模拟实验室里不宜象交流台那样去研究只簡化到六、七个甚至十几个电站的复杂电力系統,因此通常总是把被研究的电力系統簡化为三四个电源的系統,甚至化簡为一机对无穷大的系統来研究。但是为了便于适应不同研究对象的要求,便于选择参数,实验室仍应有更多数量的机組,各台电机还应配有不同间隙、不同型式的轉子。我校动态模拟实验室的第一期工程規模定为六台电机,部分电机还配有多个轉子。

模拟电机的基本容量决定于其参数的要求。由具体設計計算表明,基本容量大些,就易于获得滿意的参数,但不可避免地将使实验室里所有的设备都因此加大,并增大了设备的投資,同时还要引起在实验室条件下进行按装調整运行以及抽換轉子等的困难。基本容量小些,固然可以节省投資,但是参数不易滿足要求,并且量測迴路消耗的功率都可能对主要过程发生影响。参考了苏联实际采用的情况和我們自己工作的經驗,我們认为选定 15 仟伏安为基本容量,并以 30、15、7.5、3.75 仟伏安为系列是比較經濟的,技术上也是比較合理的。同步补偿机的容量一般决定于远距离輸电系統中的輸电容量及其要求补偿的容量的比例,并考虑到能逐級改变补偿容

量的大小,这样,我們选定同步补偿机的基本容量是7.5及3.75 仟伏安。实际上发电机和同步补偿机在抽換不同轉子后也可以互換(此时原动机模拟应同时加以改变)。

决定模拟系統額定电压的原則是:一方面尽可能高一些,这样可以采用較小截面的联接綫,可以減小接触电阻的影响;另一方面电压也不宜太高,否則将要求实验设备的絕緣水平提高而增加实验室的投資,增加运行的困难。根据这些考虑,发电机額定电压选定为400伏,这样电机可以采用普通低压絕緣,輸电綫路則采用800伏为基准电压,这样可以采用500伏的普通低压电器設備。使配电装置便宜、簡單;同时輸电綫路的并联电容和串联补偿电容的微法数也可以小些。

在实际运用模拟設備时,以上所述的額定容量和电压等并不是不可以改变的。例如发电机的額定电压及容量根据无載特性的相似及参数整定要求可以运行在較高或較低的数值上。随之輸电綫路的运行电压也是可变的。

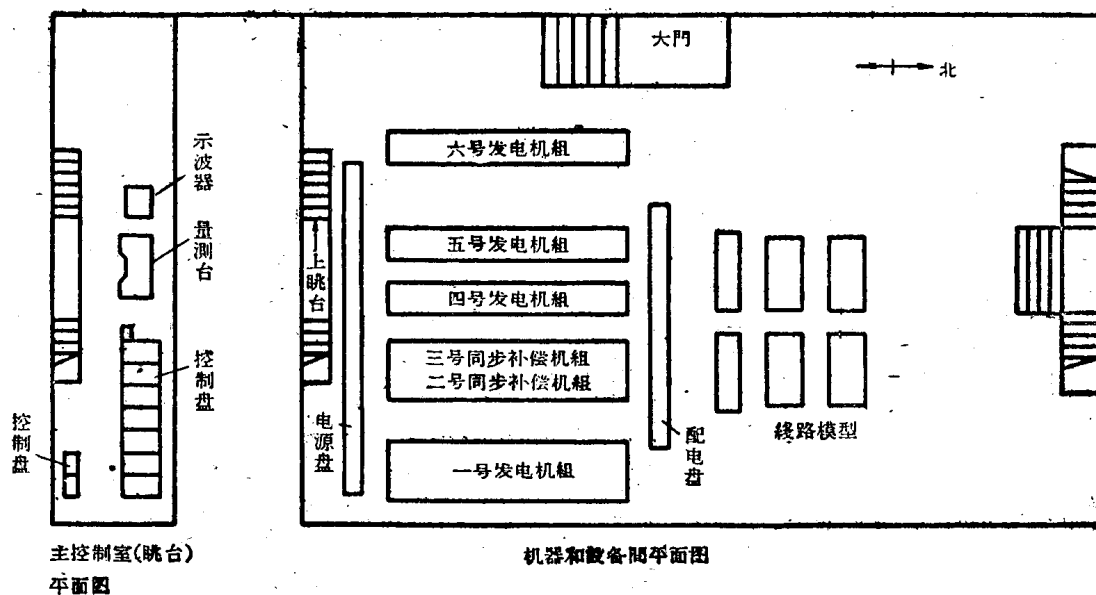


图1-1 实验室平面布置

我校实验室的总体布置如图1所示,在设计实验室的总体布置时考虑了以下几个原则:1.主控制室和机器間的声音要隔开,但視綫不隔开,这样就便于在主控制室很好監視机器的运行状态和互相联系。所以我們把主控制室放在实验室南側眺台上,隔着玻璃可以俯視全实验室的主要設備。2.属于一套模拟机组的附属电机集中在一起,以使接綫簡便,附属机组的控制操作設備也集中在一处,这样起停一套机组操作也較方便,发电机至变压器之間尽可能靠近,以縮短接綫。接綫則用了截面很大的銅綫,以減小联綫电阻。同样,变压器到开关配电装置之間的联綫也应尽可能縮短。3.供电电源盘和配电装置也尽可能集中,以便运行。輸电綫元件,則置于配电盘

近旁,以縮短接綫。4. 机器的控制和調节設備采取了集中与分散相結合的原則,必要的控制量測設備集中在主控制室,有一些調节器,量測裝置就裝設在机器設備近旁,以簡化二次接綫。

三、實驗室的主要模拟元件

1. 发电机 模拟发电机是實驗室的关键設備。普通小型电机是不能直接模拟大型电机参数的,具体分析小型电机的参数时就可发现,以标么值(即相对值)表示的各参数中,其电阻值較大,各种損耗也大,慣性常数則較小。所以直接用普通小电机来模拟大型电机时,在各种运行情况下的过渡过程就会有严重的畸变。

为了获得参数的模拟,可用普通电机降低基准容量,并在定子及轉子回路內串以負电阻机对电阻加以补偿,串以附加电抗补足漏抗,以及采用附加飞輪补偿慣性常数等。这种办法在因陋就簡的条件下也可以用来进行实验研究,解决一些問題,但是采用这种办法一般要将定子电阻及轉子电阻作很大的补偿,这会遇到很大的困难。特别是当定子电阻按有效电阻(即包括附加損耗的电阻值)补偿时,欧姆电阻值即有变成負值的可能。此外,还有其他参数虽采用了一系列的补偿措施也不易得到滿意的結果,所以一般都是采用特殊設計的模拟电机的。

我校特殊設計的模拟电机是采用了特別加深定子槽深和降低电流密度的办法,以获得与大型电机相近的定子电阻数值。轉子电阻則用外加負电阻机給以补偿,补偿值一般在 65—80% 的范围内。关于模拟电机的設計問題另有专文討論,这里将不多述。

實驗室第一期規模的六台电机的参数見表 1,表中还包括了某些电机具有几个不同轉子时之参数。表中所列的参数是在已定的基准容量和电压下的数值。实际运行时,为了满足参数整定的要求,容量和电压都是可变的,模拟机的額定电压一般应考虑到无載特性曲綫的相似要求,因为无載特性曲綫与各参数在不同运行情况下的磁路飽和情况有很大关系。例如轉子的時間常数 T_{do} 的动态数值是和电机运行在对应于无載曲綫上某一点的切綫斜率有关,当发电机的負載发生从无載到滿載的变化时,这个数值也会有成倍的变化,这当然是不可忽略的。

改变发电机容量和电压,抽換轉子,以及采用附加的补偿措施后,模拟发电机的参数,虽然可以在相当大的范围内改变和整定,但实际上总还是难以把研究对象的参数全部模拟下来。这时就应根据研究問題的性質,将那些对过程有显著影响的参数尽可能模拟准确,但对与过程只有次要影响的参数則可适当放寬要求。这里必須把理論分析和实验研究結合起来处理。显然,参数整定不恰当就会导致实验結果的不

表1 模拟电机参数一览表

参 数	MF 30-6	MF 15-6		MF 7.5-4		MF 3.75-4	MKC 7.5-4	MK-3.75
		第一轉子	第二轉子	第一轉子	第二轉子			
2P	6	6	6	4	4	4	4	4
S(KBa)	30	15	15	7.5	7.5	3.75	3.75	3.75
$U_H(B)$	400	400	400	400	400	200	400	400
$I_H(a)$	43.3	21.7	21.7	10.8	10.8	10.8	10.8	10.8
$D_a(cm)$	85	85	85	56	56	49.3	49.3	49.3
$D_i(cm)$	42.3	36.8	36.8	28	28	24.5	24.5	24.5
$\tau(cm)$	22.2	19.3	19.3	170	170	19.25	19.25	19.25
$l_t(cm)$	34.8	30	30			21	30	20
q	3	2½	2½	3	3	3	3	3
Z	54	45	45	36	36	36	36	36
$\delta(mm)$	2.7	0.9	1.6	0.9	1.3	0.9	0.9	0.6
$H_f(秒)$	3.91	4.5	2.72	4.88	4.88	4.3	4.15	4
$B\delta(2c)$	4050	4900	4900	4260	4260	4050	2980	3240
$A(a/cm)$	118	67.5	67.5	88.8	88.8	50.9	80.9	56.1
$r_a = (\text{标么})$	0.00301	0.00164	0.00165	0.00355	0.00355	0.00372	0.00466	0.00282
$r_a \sim (\text{标么})$	0.0202	0.00147	0.00294	0.0362		0.0328	0.023	
$r_f(\text{标么})$	0.002	0.00163	0.0022	0.00342	0.00343	0.00184	0.00237	0.00265
$x_d(\text{标么})$	1.06	0.657	0.497	1.76	1.284	0.715	1.58	1.81
$x_q(\text{标么})$	0.636	0.317	0.31	1.64	1.284	0.51	0.99	1.03
$x'_d(\text{标么})$	0.379	0.20	0.143	0.192	0.16	0.162	0.416	0.215
$x''_d(\text{标么})$	0.298	0.12	0.116	0.168	0.1226	0.093	0.171	0.132
$X_f(\text{标么})$	0.28	0.221	0.153	0.0845	0.0818	0.11	0.125	0.165
$x_f(\text{标么})$	1.155	0.841	0.64	1.80	1.283	0.915	1.75	1.915
$x_2(\text{标么})$	0.307	0.115	0.115	0.206	0.1495	0.171	0.182	0.142
$x_0(\text{标么})$	0.0779	0.0254	0.0405	0.0592		0.065	0.057	0.072
$x_s(\text{标么})$	0.185	0.0367			0.083	0.0489	0.078	0.061
$T_{do}(秒)$	1.57	1.53	1.244	1.66	1.19	1.37	1.7	2.3
$T'_d(秒)$	0.41	0.465	0.748	0.0995	0.148	0.0882	0.172	0.27
$T''_d(秒)$	0.021	0.08	0.056	0.0149	0.0153	0.0206	0.027	0.047
$T_a(秒)$	0.135	0.206	0.129	0.109	0.134	0.0439	0.0728	0.129
	实验值	设计值	实验值	实验值	设计值	实验值	实验值	设计值

可靠。

模拟电机参数的实验测定结果表明, 模拟电机定子交流电阻比直流电阻值要大2—3倍至5—6倍不等。初步分析附加损耗的主要来源在于空间谐波磁通引起了较大的损耗, 这是设计电机时所必须加以注意的。交流电阻过大时, 可能引起某些过渡过程实验失真, 特别是当实验中作机端(变压器高压侧)三相短路时, 短路电流很大, 电机内的电阻损耗很大, 这将会使其转子受到过大的制动转矩, 并使其角度 δ 的变化情况与实际情况不相符合。所以在做动态稳定实验时, 就应避免在机端直接短路。

远方短路时短路电流較小,这影响当然就会大大减小。

2. 变压器 为使模拟变压器具有大型变压器所具有的較小的无載及短路損耗,較小的激磁电流及較大的短路阻抗,一般也須特殊設計制造。采用冷轧矽鋼片及降低导綫的电流密度及其他措施可以得到較好的結果,但往往也不易将所有参数都模拟准确。在研究电力系统的稳定問題时,短路損耗及短路阻抗的模拟要求較高,无載損耗及激磁电流的模拟要求則可稍予降低。当变压器的变比为1时,可直接用串联电抗及并联电抗的等值T形或Γ形电路来模拟;变比不大时,也可用自耦变压器来模拟。应用这种办法时,虽然上述的参数可以得到較好的模拟,但又引起了零序电流必須通过发电机的困难。

我校实验室的模拟变压器是按双繞組設計的,有三相式及三单相式两种,接法均为Y/Δ。变比为 $400/800 \pm 2 \times 25\%$ 及 $2 \times 200/800 \pm 2 \times 100$ 伏两种,三单相式变压器的短路电抗值可借两鉄心柱上高低压綫圈分布的不同而加以改变。

各台发电机均配有同容量的模拟变压器,联接負載的負載变压器則可不考虑各参数的模拟,因为其多余的損耗及激磁电流可以归并到負載中去,只要在調正負載特性时加以考虑即可。

3. 輸电綫路及負載 輸电綫路模型是按800伏电压,15仟伏安容量傳輸一个自然功率为基准設計的。鏈形电路中,每个等值Π环节模拟100公里长的原型輸电綫。当模拟的基值容量或电压改变时,每个环节代表的公里数也将不同。輸电綫模拟分两种,一种是由每相单独的具有較大空气間隙的鉄心电抗綫圈制成,可模拟单回路輸电綫,但用此模拟双迴路輸电綫时,由于双回綫間的互感不能模拟,所以在不对称故障时不能正确反映各相电量的关系。为了模拟双回綫不对称故障运行情况,我們还特殊設計制造了另一种双回路綫路模拟,这是由六角形排列具有空气隙的鉄心电抗綫圈組成。双迴路之間的互感效应在此可以得到較好的反映。采用鉄心电抗綫圈时,用銅量可以比空心电抗綫圈节省五分之四左右,并能滿足 $r/x \approx 5\%$ 和在5倍額定电流时鉄心尚不飽和的要求(电抗值可保持在 $\pm 2\%$ 以內)。

負載模拟是兩組各包括7瓩灯載及9瓩电动机負載的組合。改变串联电抗及电动机負載特性,就可以在适当範圍內模拟真实負載的 $P \sim f$, $Q \sim U$ 等特性。进一步模拟負載的动特性时应对电动机負載的滑差-轉矩特性及轉动慣量进行模拟。

4. 励磁系統及原动机系統的模拟 为了模拟不同的励磁系統,在实验室里装备有两种励磁系統,电机励磁系統和离子励磁系統。为了补偿发电机轉子回路的电阻,設有不同参数的負电阻机,电阻补偿值一般調整在65—80%,轉子時間常数 T_d 則可增大到6—7秒。为了减小电机的磁滯效应,并使負电阻值比較稳定起見,在負电阻

机定子軛上及齿上还装有振动繞組,并通以 60 周的交流电流,电压轉換机的励磁由励磁机的輸出供給,以便得到与原型励磁机相似的特性曲綫。电压轉換机发出的电压經負电阻机供給发电机励磁。部分負电阻机还具有他激綫圈,可以同时起电压轉換机的作用。

本实验室中的励磁調节器有两种:一种是复式励磁及电磁式电压校正器。复式励磁由硒整流片及調节电阻組成,校正器是 3MK-Y 型工业产品,为減輕电压互感器負担,校正器的放大元件由外部电源供給。另一种是按电压、电流等电量的偏差和导数等調节的強方式电子励磁調节器。

实验室中还配有两套离子励磁模拟装置,用閘流管模拟汞弧管,可用来研究各种

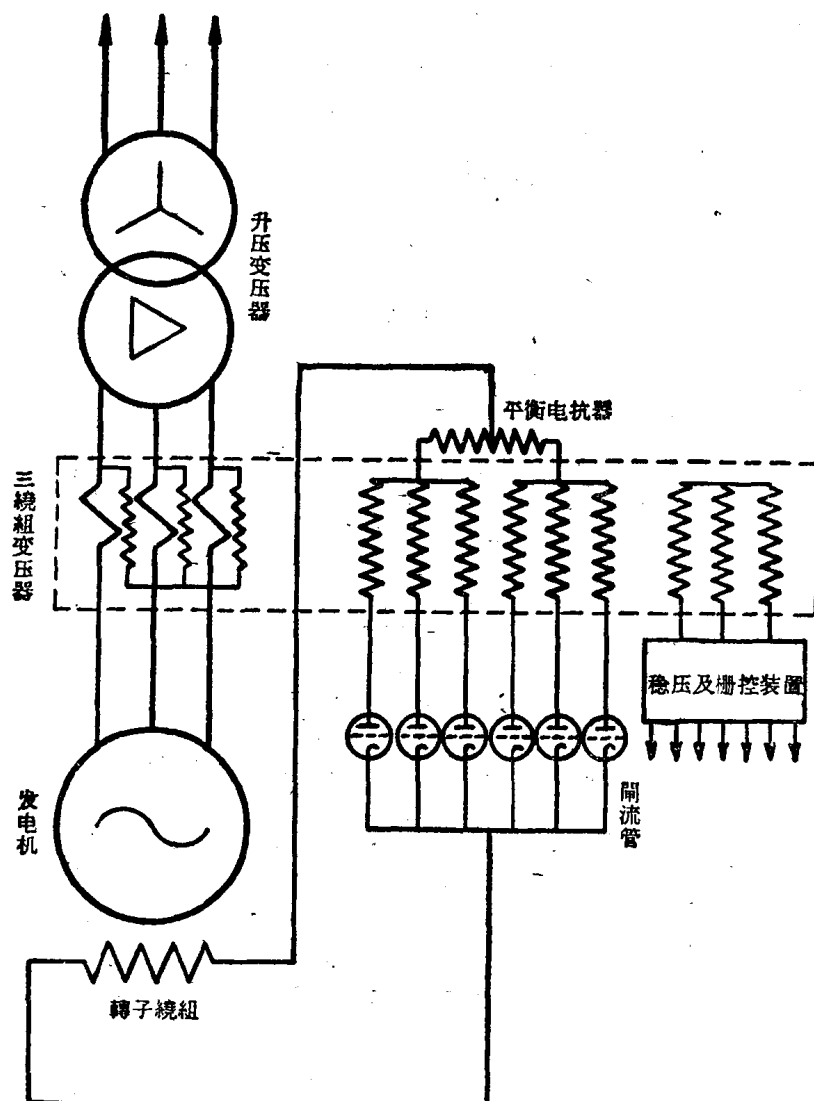


图 1-2 具有三繞組变压器的自励式离子励磁簡图

自动方式的离子励磁系统。图2给出了用三绕组变压器自动励离子励磁装置的简化接线。其中栅控装置的电源取自同一变压器的附加绕组,以保证在不同运行情况下,栅控电源的相角能和阳极电压的相位相同,栅控调节是用磁放大器控制的静移相桥。

原动机系统的模拟和原动机的供电方式有关。本实验室所用直流电是由总电源室供给。为了模拟实际水轮机的转矩-转速特性,原动机是由总电源经压机供电。加压机的励磁则是由电流负反馈经电机放大机控制。改变原动机出力时,只须改变放大机的他激电流即可。如果每台原动机采用单独的直流发电机来供电时,其工作将不致互相影响,特性也更便于调整,但这样要求直流发电机有较高的额定电压,并且设备投资也要贵一些。

四、实验室的一二次接线及主控制室

模拟系统的一次线系统应做到简便灵活,配电装置简单可靠。本实验室的一次接线如图3,每套发电机-变压器组是经过KT-32型交流接触器接在800伏的母线上。为了减小接触电阻,发电机与变压器之间没有开关电器,每套机组对应的小母线可以经刀闸和相邻机组的小母线相联。模拟机组间的并联运行,输电线路出线或接带负载也由小母线经KT-32接触器或刀闸接出。横贯各盘的还有一套短路母线,在

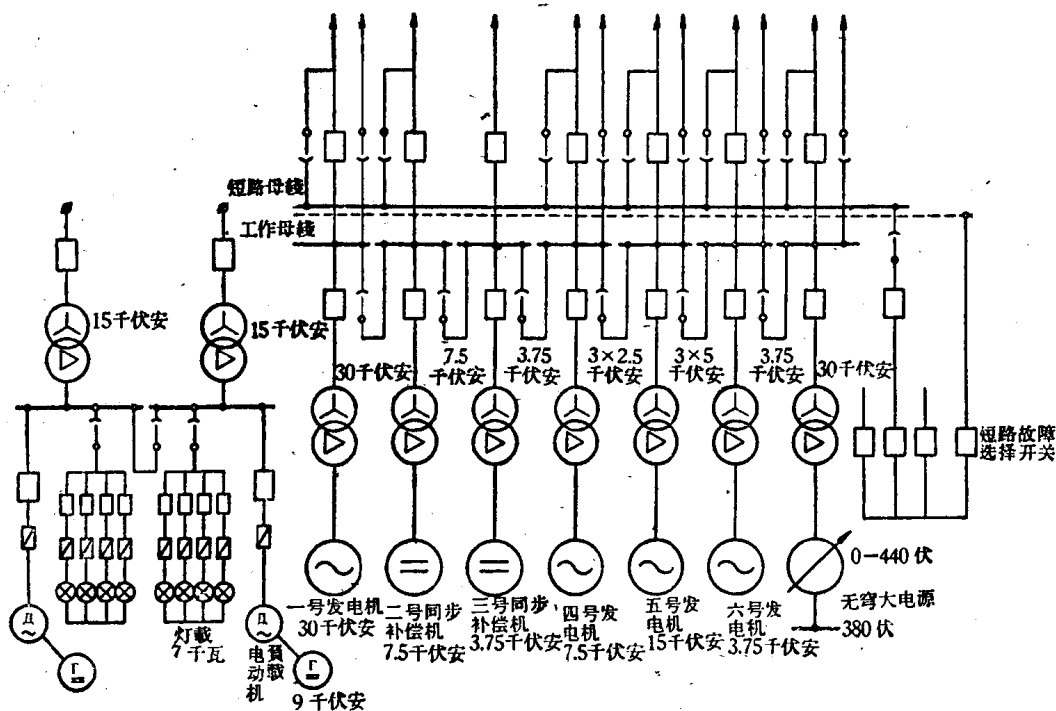


图1-3 实验室一次接线图

特設的短路盤上可以制造各种形式的短路故障。

通过一台 800/400 伏的变压器和一台 0—440 伏 30 仟伏安的感应調压器接在一

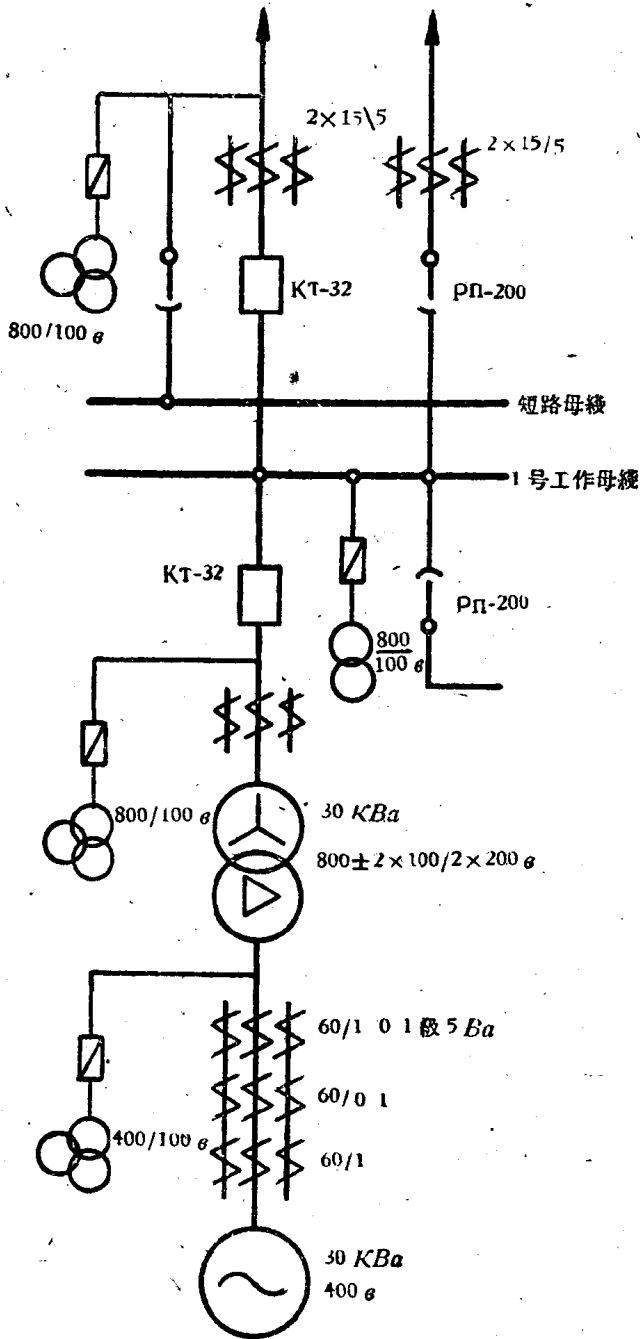


图 1-4 30 仟伏安模拟机组单元接綫

为 1 安,导綫电流密度定为約 0.3 安/毫米²,这样可使互感器本身的电阻降低 6—8 倍,而副边电綫引綫电阻影响可减小 25 倍。这些互感器准确度为 0.5 級装在低压侧专

台 180 仟伏安 6 仟伏/380 伏的灯用变压器和北京电力系统相联作为无穷大电源,感应調压器可在主控制室进行远方操作。用感应調压器和系統相联是十分必要的,这样就便于調整受端电压,适应不同模拟和各种运行情况的要求。

設計一次迴路时必须对迴路中各部分电阻予以特別注意。联接綫、电流互感器、各处接头都是增大电阻的因素。例如对 30 仟伏安发电机来講,它的每相定子欧姆电阻只有 0.016 欧,但是一台普通 60/5 安电流互感器的原边繞組就有 0.003 欧,如果再把互感器副边負載电阻也折合过来电阻值就十分可观了。再如联綫若采用截面为 20 毫米²长 15 米的銅綫时,电阻值即达 0.0134 欧。这些数值对定子回路电阻而言都将是不可忽略的数量,因此把变压器放在靠近发电机的位置,縮短联接綫,采用較粗的接綫降低电流密度以减小附加电阻。部分电流互感器也是特別設計制造的,其副边額定电流

供精密量測用。此外在高压側所裝的互感器的付边电流为 5 安是供主控制室配电盘仪表用。由于其損耗較大,在做某些穩定試驗时可將它在一次側給予短接。

图 4 是 30 仟伏安发电機組的单元接綫图。在低压側还有兩組互感器,同样是按低电流密度設計的,专为供給励磁調节器及复式励磁用。

在主控制室中可以集中进行各機組主要开关設備的操作和監視各機組的运行情况。此外还有精密量測台,各发电機机端电压互感器及电流互感器二次迴路,发电機励磁迴路各电量等均引到量測台上,可接到精确度較高的仪表进行量測,由量測台还可將各电量引至九綫示波器拍摄过渡过程。量測台上还裝有电子測角器(可量測各发电机的功率角),电子時間繼电器(可控制短路切除及重合閘時間)。

結 束 語

1. 动态模拟是研究电力系统問題的有效工具。为了适应我国电力工业的迅速发展,及早开展这方面的研究工作是十分必要的。我校在党的总路綫和教育方針的指导和鼓舞下,在一年多一些的时间內多、快、好、省地建立起了动态模拟實驗室,并已开始为生产实际所提出的科学研究工作服务。

2. 动态模拟研究工具和数学模拟研究工具是互相取长补短的,两者應該很好地結合起来才能最好地研究解决科学研究問題。

3. 动态模拟實驗室的機組数目及規模,应根据研究解决的任务性質及技术上、經濟上的合理性出发来考虑。模拟电机应尽量做成是万用性的,并且应具有不同型式备用轉子,这样可以在很广的范围内选择調整参数,以满足不同研究对象的模拟要求。

4. 为了尽可能使模型系統中进行的过程和原型中的过程接近一致,必須使模型的参数尽量符合要求。对参数的非綫性关系,对于一次迴路的电阻大小等必須給予很大注意,因为参数模拟的不准就会引起实验結果的失真。实验項目不同对实验过程起主要作用的参数也不同,所以在調整配合参数时应結合理論分析来进行。

5. 励磁系統及調节器,原动机及調速器等設備的模拟装置也是實驗室的重要組成部分,这些模拟設備的設計制造和調整也必須考虑模拟的相似条件。